

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F	1/08		G 0 3 F	1/08 A
	1/14			1/14 Z
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L	21/30 5 0 2 P
				5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平7-211800	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成7年(1995)8月21日	(72) 発明者	清水 秀夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ ー株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 高月 亨

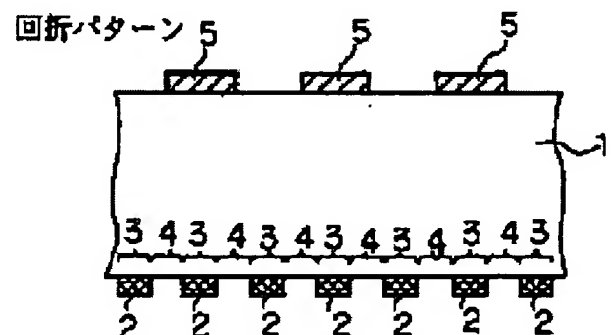
(54) 【発明の名称】 位相シフト露光マスク及び位相シフト露光マスクを用いた露光方法

## (57) 【要約】

【構成】 焦点深度の低下等の実用上の隘路をもたらすことなく、その性能を十分に生かすことができる位相シフト露光マスク及び位相シフト露光マスクを用いた露光方法を提供する。

【解決手段】 石英等の透明基板 1 上に遮光膜 2 を形成して、半遮光部 3 と、光透過部 4 とを備える構成とし、かつ該半遮光部 3 とは光透過部 4 とは位相を異ならしめて透過光を透過させる構成とし、かつ遮光膜 2 の形成された面と反対側の面に露光光を回折させる回折パターン 5 を形成する。上記構成の位相シフト露光マスクを用い、露光光回折用パターン 5 側から露光光 P を照射して露光を行う。

## 実施例 1 の位相シフト露光マスク



- 1: 透明基板
- 2: 遮光膜
- 3: 半遮光部
- 4: 光透過部
- 5: 回折パターン

#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】透明基板上に遮光膜を形成して、半遮光部と、光透過部とを備える構成とし、かつ該半遮光部と光透過とは位相を異ならしめて透過光を透過させる構成の位相シフトマスクにおいて、遮光膜の形成された面と反対側の面に露光光を回折させるパターンを形成したことを特徴とする位相シフト露光マスク。

【請求項2】上記遮光膜により、パターン密度が高い部分と、パターン密度が低い部分とが形成され、これらパターン形成部分のうち、パターン密度が高い部分に選択的に上記回折パターンが形成されていることを特徴とする請求項1に記載の位相シフト露光マスク。

【請求項3】上記回折パターンが形成された面の、該回折パターンを除いた部分の光透過率を、回折パターンを形成した部分より低下させたことを特徴とする請求項1に記載の位相シフト露光マスク。

【請求項4】透明基板上に遮光膜を形成して、半遮光部と、光透過部とを備える構成とし、かつ該半遮光部と光透過とは位相を異ならしめて透過光を透過させ、かつ遮光膜の形成された面と反対側の面に透過光を回折させるパターンを形成した位相シフト露光マスクを用い、該透過光回折用パターン側から露光光を照射して露光を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項5】上記遮光膜により、パターン密度が高い部分と、パターン密度が低い部分とが形成され、これらパターン形成部分のうち、パターン密度が高い部分に選択的に上記回折パターンが形成された露光用マスクを用い、該透過光回折用パターン側から露光光を照射して露光を行うことを特徴とする請求項4に記載の露光方法。

【請求項6】上記回折パターンが形成された面の、該回折パターンを除いた部分の光透過率を、回折パターンを形成した部分より低下させ、回折パターンを設けた部分の透過高強度と同程度に調整した露光用マスクを用い、該露光光回折用パターン側から露光光を照射して露光を行うことを特徴とする請求項4に記載の露光方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、位相シフトマスク及び該位相シフトマスクを用いた露光方法に関する。本発明は、例えば、露光光を透過して露光を行う露光用マスク及びこれを用いた露光方法として利用することができる。本発明は、各種分野における露光、例えば、電子材料（半導体装置等）形成の際のパターン露光等について、利用できる。

##### 【0002】

【従来の技術】従来より、互いに位相を異ならしめて（一般的には位相を $180^\circ$ 反転させて）光を透過する部分を設けて、解像力の良い露光を行ういわゆる位相シフトマスク技術が知られている。

【0003】ところで、位相シフトマスクに限らず、被露光パターンを形成するために露光用パターンをある程度以上接近して配置することは、近接効果の影響を受けるため、困難であった。例えば1:1のいわゆるホールパターンを形成しようとする、近接効果のため露光用パターン間の中央部に光強度の強い部分が現れ、レジストの膜減りが起こってしまう。これは位相シフト法を用いても回避することはできない。むしろ近接効果はさらに激しくなり、位相シフト法に特有のサブピーク強度が干渉効果によって高められる。よって例えばフォトリソの露光に用いると、やはりレジストの膜減りなどを惹き起こすため、通常法よりもパターンを接近させて配置することが困難であった。

【0004】例えば、光透過部と、半遮光部（ハーフトーン部と称される）とを備えた位相シフトマスクが知られている。この種のものは、ハーフトーン型位相シフトマスクと称されている。この種の位相シフトマスクは、通常、光透過部をなす開口部と、若干の光透過率を持つ半遮光部とから成り、この2つの部分の透過光には $180^\circ$ の位相差が与えられるように位相シフト材料から成る位相シフト部（シフターと称される）が設けられている。こうして位相の異なる光の干渉効果により解像度を向上するとともに、開口部以外の透過率を例えば数〜数十%におさえることで、この部分の解像もしくはレジストの膜減りを防いでいる。

【0005】ハーフトーン型位相シフトマスクは通常マスクに比較して、解像度、焦点深度などの向上に優れた特性を発揮する。しかし、パターンが密集してくると、ハーフトーン型位相シフト法において特に顕著である2次ピーク（サイド・ロブなどと称されている）強度が近接効果により強調され、解像して不要なパターンを形成することになる。このため、特に、密なパターンを含む場合には、ハーフトーン型位相シフトマスクの性能は著しい制限を受けることになる。

【0006】例えば、従来のハーフトーン型位相シフトマスクでは、2つ以上のパターンが接近した場合、回折光が干渉して光強度が解像限界以上になる部分が出現する。即ち、従来の一般的なハーフトーン型位相シフトマスクの構造を図7（平面）及び図8（a）（b）（断面）に示すが、これは、ホールパターン用であれば、透明基板1（石英基板）である石英基板上の全面に形成されたCr薄膜等から成る半遮光膜（ハーフトーン膜）2が形成された半遮光部3と、ハーフトーン半透過部もシフターもない光透過部4a、4bである開口部で構成されており、位相シフトのために掘り込みが形成される

（図8（a））か、あるいは半遮光膜2が適正な厚みで形成されて（図8（b））いる。この構造では、前記したように近接効果により高強度の部分ができる。即ち図9に示すとおり、光透過部4a、4bからの光分布である光ピーク4A、4Bの間に、ないことが望ましいピー

ク(サブピーク4C)が発生してしまう。これはハーフ・トーン型位相シフトマスクの実用化の大きな障害となっている。この問題は、露光用パターン(光透過部)を接近して配置しようとする場合に、いずれの場合でも生ずる問題である。

【0007】なお図9は、TREPTONによるシミュレーション結果であるが、条件はNA: 0.45、 $\sigma$ : 0.5のKrFエキシマレーザ光源( $\lambda=248\text{nm}$ )を使用するものとした。ハーフ・トーンマスクのパラメータは半遮光部11であるハーフ・トーン部の透過率10%、光透過部4a、4bをなす開口部のサイズはウェハ上0.37 $\mu\text{m}$ で、0.3 $\mu\text{m}$ ホールパターンの形成を前提としたものである。ホール間距離は中心間で1.0 $\mu\text{m}$ である(サイズは全てウェハ上のものである)。

【0008】よって、このような近接効果の問題点を解消した位相シフトマスク技術が望まれている。

【0009】上記問題に基づく制約に対する解決手段の1つとして、斜入射や輪帯照明などいわゆる変形光源と組み合わせて露光する手法が提案されている(1994年秋季応用物理学会予講集20p-ZP-1, 20p-ZP-2「ハーフ・トーン法と輪帯照明法の組み合わせによる検討(1)」「同(2)」(小野寺ら)参照)。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記のような手法を用いると、密なパターンにおける2次ピーク強度は弱められ、密なパターンでの実用的なパターン転写マスク性能が得られることになる。ところがこのような変形光源では、位相シフト作用に効果のある部分の光が弱められてしまうことになる。例えば輪帯照明では位相シフト法に効果のある露光光源の中心部分の光をカットしてしまうため、孤立パターンで著しく焦点深度が低下し、全体としての性能は通常照明と組み合わせた場合に比べて大きな向上は望めない。これについて図10を参照して説明する。

【0011】即ち、図10はシミュレーションにより得た結果であり、従来法の問題点を示すが、同図(a)のグラフは、バイアスをかけたホール(0.28, 0.30, 0.32, 0.34, 0.36及び0.38 $\mu\text{m}$ )を用いて、0.3 $\mu\text{m}$ のホールパターンをレジスト上に形成する場合について、各バイアスで形成した0.30 $\mu\text{m}$ ホールを用いた場合に、0.30 $\mu\text{m}$ のホールを形成するための焦点深度(DOF)を示すものである。各場合について、光の透過率(%)と焦点深度( $\mu\text{m}$ )との関係を示した。破線Iで示す孤立パターンの焦点深度は3 $\mu\text{m}$ 近くになるが、破線IIで示す2ホールではかなり落ち、破線IIIで示す密なパターンでは、1.6 $\mu\text{m}$ 程度まで落ちてしまう。また同図(b)は、このハーフ・トーン位相シフト法と輪帯照明との組み合わせについて、同じくデータをとったものである。輪帯照明であると中心の光がないため、I'で示すように孤立パタ

ーンで焦点深度がとれず、やはり1.6 $\mu\text{m}$ が限界となってしまう。

【0012】従って、実用上は通常照明と組み合わせ、マスクバイアスを大きくかけて露光量を抑え、2次ピーク強度を抑えるという使い方をすることになる。例えば0.30 $\mu\text{m}$ ホールを形成する際に、0.30 $\mu\text{m}$ (マスク上は5倍、以下同様)のマスクパターンではなく、0.36 $\mu\text{m}$ を使用するといった具合にすることになる。ただしこのようにすると、バイアスを大きくかけることで焦点深度が低下する。よって基本的な要請を満たしたことになる。

【0013】このためハーフ・トーン位相シフト法は大きな潜在能力を秘めながらも、その性能を十分に発揮できるような条件で使用する事ができなかった。

【0014】本発明は、上記従来技術の問題点を解決して、焦点深度の低下等の実用上の隘路をもたらすことなく、その性能を十分に生かすことができる位相シフト露光マスク及び位相シフト露光マスクを用いた露光方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の位相シフト露光マスク及び位相シフト露光マスクを用いた露光方法は、下記構成をとることにより、上記目的を達成するようにしたものである。

【0016】本発明に係る位相シフトマスクは、透明基板上に遮光膜を形成して、半遮光部と、光透過部とを備える構成とし、かつ該半遮光部と光透過とは位相を異ならしめて透過光を透過させる構成の位相シフトマスクにおいて、遮光膜の形成された面と反対側の面に露光光を回折させるパターンを形成したことを特徴とする位相シフト露光マスクである。

【0017】この場合、上記遮光膜により、パターン密度が高い部分と、パターン密度が低い部分とが形成され、これらパターン形成部分のうち、パターン密度が高い部分に選択的に上記回折パターンが形成されている構成とすることができる。

【0018】また、上記回折パターンが形成された面の、該形成された回折パターンを除いた部分の光透過率を、回折パターンを形成した部分より低下させた構成とすることができる。これにより、回折パターンを除いた部分の透過光強度を回折パターンを設けた部分の透過光強度と同程度に調整することが可能となる。

【0019】本発明に係る露光方法は、透明基板上に遮光膜を形成して、半遮光部と、光透過部とを備える構成とし、かつ該半遮光部と光透過とは位相を異ならしめて透過光を透過させ、かつ遮光膜の形成された面と反対側の面に透過光を回折させるパターンを形成した位相シフト露光マスクを用い、該透過光回折用パターン側から露光光を照射して露光を行うことを特徴とする露光方法である。

【0020】この場合、上記遮光膜により、パターン密度が高い部分と、パターン密度が低い部分とが形成され、これらパターン形成部分のうち、パターン密度が高い部分に選択的に上記回折パターンが形成されている構成とすることができる。

【0021】またこの場合、上記回折パターンが形成された面の、該形成された回折パターンを除いた部分の光透過率を、回折パターンを形成した部分より、低下させ、回折パターンを設けた部分の透過光強度と同程度に調整した露光用マスクを用い、該露光光回折用パターン側から露光光を照射して露光を行う構成とすることができる。

【0022】

【作用】本発明によれば、遮光膜の形成された面と反対側面に露光光を回折させるパターンを形成し該パターン介して露光光を照射して位相シフト露光を行うようにすることができるので、該パターンにより2次ピークの影響がこのパターンで減衰し、この結果、ハーフトーン位相シフトマスクを、2次ピークの影響を考慮する必要無く、性能を最も発揮できる条件下で使用するができるようになる。また、本発明によれば、2次ピークを効率的に抑えることができた結果、孤立パターン及び密なパターンが混在するような場合にも、ハーフトーン位相シフト法の効果を十分に発揮できるように構成することができる。

【0023】なお、格子状のパターンをマスクと光源との間に設けるという考え方は、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 32 (1993) pp. 5903-5908 "Lithographic Performance Enhancement Using Dummy Diffraction Mask" Hyun g Joun Yoo, et. alに開示されている。これは通常マスクと光源との間に格子パターンを形成して、変形光源と同様の効果を持たせるものである。しかしこの手法は、ハーフトーン位相シフトマスクの問題点の解決を図るものではない。

【0024】

【発明の実施の形態】以下本発明の好ましい実施の形態について、本発明の具体的な実施例を説明することにより、これを詳述する。但し当然のことではあるが、本発明は以下の実施例により限定を受けるものではない。

【0025】実施例1

この実施例は、微細化・集積化した半導体装置の製造プロセスについて使用する露光用マスク技術に関して、本発明を具体化した。図1及び図2を参照する。

【0026】本実施例の位相シフト露光マスクは、図1に示すように、透明基板1（ここでは石英基板。ここで透明とは、使用する露光光に対して透明であることを言う。）の一方の面に遮光膜2を形成して、半透光部3と、光透過部4とを備える構成とし、かつ該半透光部3

とは光透過部4とは位相を異ならしめて透過光を透過させる構成としたもので、かつ遮光膜2の形成された面と反対側の面に露光光を回折させる回折パターン5を形成したものである（図2も参照。図2中、符号5Aで回折パターンを形成した回折パターン形成部を示す）。

【0027】本実施例の露光方法では、上記のように構成した位相シフト露光マスクを用い、該露光光回折用パターン5側から露光光Pを照射して露光を行う。即ち、図2に示すように、図の上方（回折用パターン5側）に光源を配置して露光光Pを照射して、露光を行うようにする。

【0028】本実施例について、更に詳しく説明する。まず、図1及び図2に示すとおり、ハーフトーン位相シフトマスクの遮光膜2の形成面と逆の面（裏面とする）に露光光を回折させることが可能な千鳥格子状（市松模様状）のパターン5を形成する。これにより、この回折パターン5を介した部分では変形照明と組み合わせた場合と同様の効果が得られるようになる。回折パターン5によって、光源からの露光光が斜入射したのと同様になるからである。よってここで2次ピーク強度が低下して焦点深度を伸ばすことができる。これにより、ハーフトーン位相シフト法の性能を十分に発揮させた露光が可能となる。

【0029】実施例2

本実施例では、図3に示すように、回折パターン5が、遮光膜2により形成されたパターン部分2A、2Bのうち、パターン密度が高いパターン部分2Aに選択的に形成される構成とした。図3中、回折パターン5を形成する部分を符号5Aで示す。

【0030】例えば図4に示すように、回折パターン形成部分5A（図4（a））を、パターン形成側の遮光膜（ハーフトーン）パターンの密な部分2A（図4（b））に形成するようにする。

【0031】本実施例の露光方法では、上記のように構成した位相シフト露光マスクを用い、該露光光回折用パターン5側から露光光を照射して露光を行う。即ち、図5に示すように、図の上方（回折パターン形成部5A側）に光源を配置して露光光を照射して、露光を行うようにする。

【0032】本実施例においては、ハーフトーン位相シフトマスクの表面に露光光を回折させることが可能な格子状のパターン5を形成するが、この際、パターンが密集している部分に選択的に形成することで、この部分では変形照明と組み合わせた場合と同様の効果が得られるようになる。回折パターン5によって、光源からの露光光が斜入射したのと同様になるからである。よってここで2次ピーク強度が低下して焦点深度を伸ばすことができる。一方、パターンが比較的粗な部分（図4（b）の符号2Bで示す部分）では、露光光は回折パターン5を通らないので、結局通常照明により露光されることにな

り、焦点深度の低下は起きない。よって全体としてハーフトーン位相シフト法の性能を十分に発揮させた露光が可能となる。

### 【0033】 実施例3

本実施例は、遮光膜によりライン状の複数のパターンが形成されて、ハーフトーンパターンがラインアンドスペースパターンをなす構成で形成された場合に、図6に示すように、パターンと平行に延びる形態で回折パターン5を設けたものである。ハーフトーンパターンに対する露光光を斜入射にする効果が良好に果たされる。

### 【0034】 実施例4

本実施例では、上記マスクの回折パターン5を設けた側の面において、該形成されたパターン5を除いた部分の光透過率（即ち図1について言えば符号4で示す部分の光透過率）を低下させ、回折パターン5を設けた部分の透過光強度と同程度に調節するようにした。

【0035】 即ち、本発明の手法を使用すると、回折パターン5（格子）を形成した部分で光強度が低下する傾向になる。密なパターンでは近接効果により、孤立パターンに比較してサイズが変化するため、格子を形成した部分以外の露光光透過率を下げてやる必要がある。よって本実施例はこのような場合に、光透過率を調節するようにしたものである。即ちこの場合に、格子状パターンを形成した部分にレジストパターンをマスクとしてEB直描により形成し、クロムなど透過率を低下させる材料を所定量スパッタして、リフトオフにより膜を形成する方法を採ったり、あるいはスパッタの代わりに $Ge^+$ イオンを注入して、透過率を低下させる方法を採ることにより、その部分の光透過率を下げ、全体の光透過率を調節したのである。この構成は、前記実施例1～3のいずれにも適用できる。

### 【0036】

【発明の効果】 上述したように、本発明によれば、焦点深度の低下等の実用上の隘路をもたらすことなく、その性能を十分に生かすことができる位相シフト露光マスク及び位相シフト露光マスクを用いた露光方法を提供することができた。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1の位相シフト露光マスクの構成を断面で示すものである。

【図2】 実施例1の露光方法を示す構成図である。

【図3】 実施例2の位相シフト露光マスクの構成を断面で示すものである。

【図4】 実施例2の位相シフト露光マスクの構成を示す平面図である。

【図5】 実施例2の露光方法を示す構成図である。

【図6】 実施例3の位相シフト露光マスクの構成を示す平面図である。

【図7】 従来の位相シフト露光マスクの構成を示す平面図である。

【図8】 従来の位相シフト露光マスクの構成を示す断面図である。

【図9】 従来技術の問題点を示す図である。

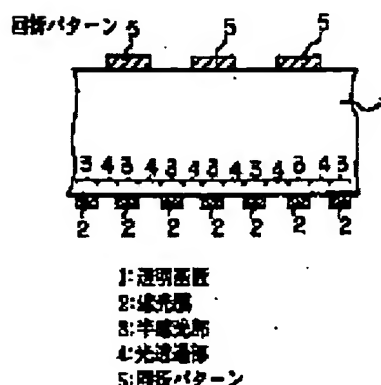
【図10】 従来技術の問題点を示す図であり、シミュレーション結果を示す図である。

### 【符号の説明】

- 1 透明基板（石英基板）
- 2 遮光膜
- 3 反透光部
- 4 光透過部
- 5 回折パターン
- 5A 回折パターンを形成する部分
- 2A 遮光膜パターンの密な部分
- 2B 遮光膜パターンの疎な部分

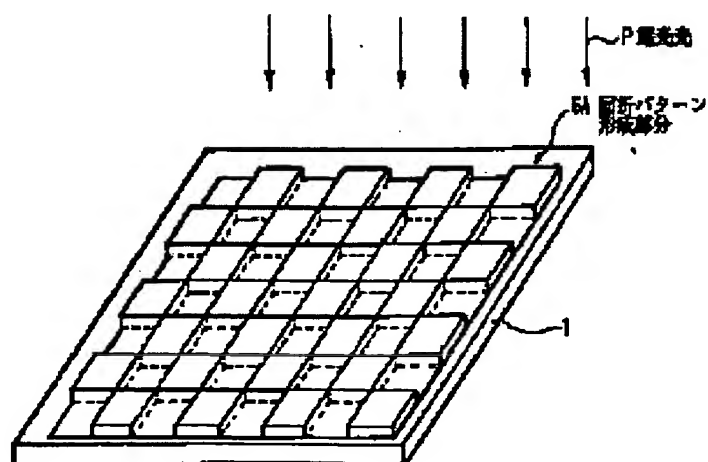
【図1】

実施例1の位相シフト露光マスク



【図2】

実施例1の露光方法

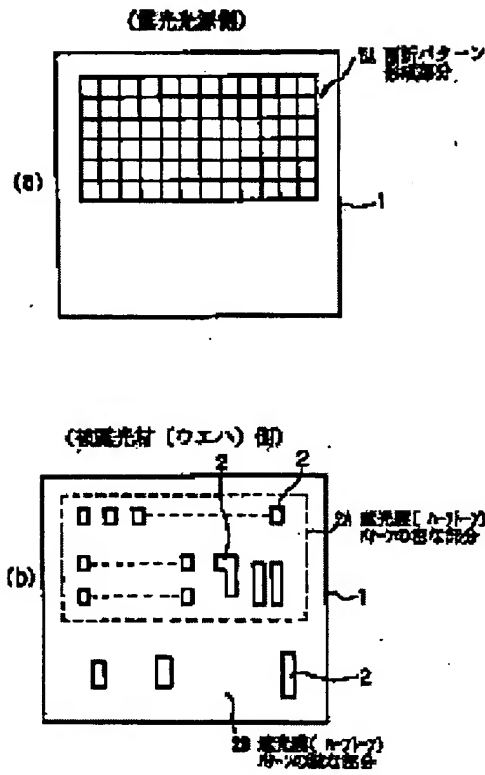


【図3】



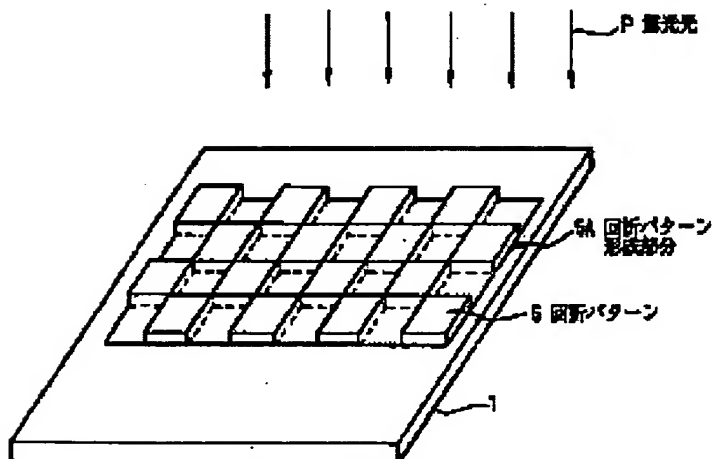
【図4】

実施例2の位相シフト露光マスク



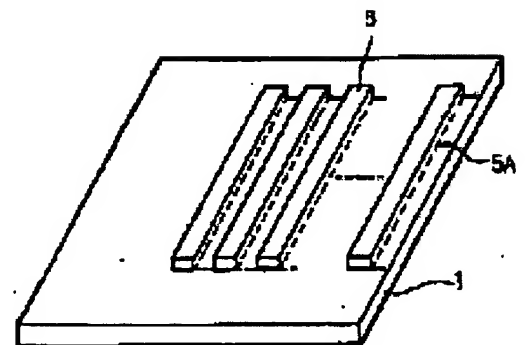
【図5】

実施例2の露光方法



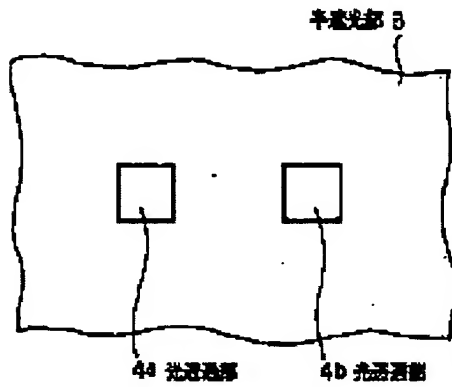
【図6】

実施例3の位相シフト露光マスク



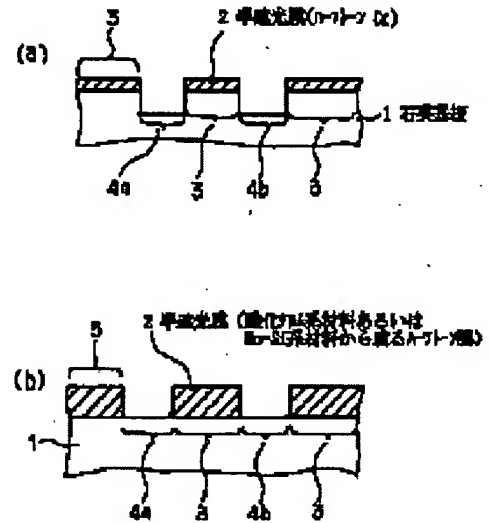
【図 7】

従来のハーフトーン整位相シフトマスク（平面）



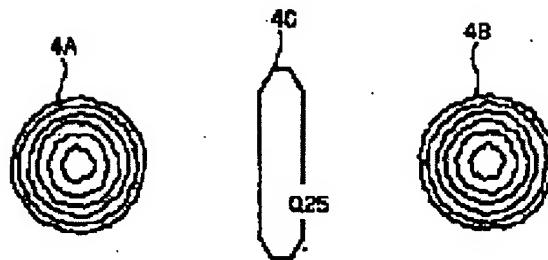
【図 8】

従来のハーフトーン整位相シフトマスク（断面）



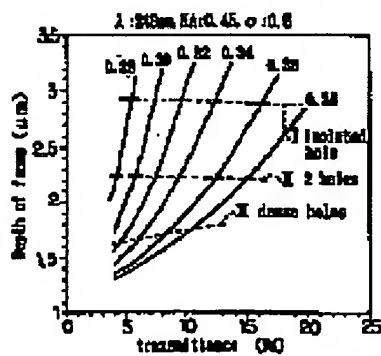
【図 9】

従来例の光写真像

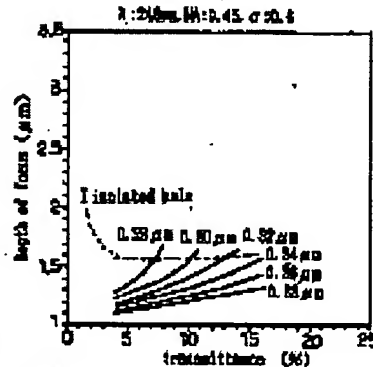


【図 10】

(a) シミュレーション結果  
(844nmで形成した250nmの露光像)



(b) 露光像及びハーフトーン整位相シフト法の組み合わせの場合



Simulation results  
— DOP of each biased hole size (nm)  
--- resolution limits of secondary peak